

PAT-NO: JP02002291281A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002291281 A

TITLE: METHOD FOR JUDGING MAGNETIC
POLARITY OF SYNCHRONOUS
MOTOR AND CONTROLLER FOR
SYNCHRONOUS MOTOR WITH MAGNETIC
POLARITY JUDGING FUNCTION

PUBN-DATE: October 4, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

RI, CHUSHA

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SUMITOMO HEAVY IND LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP2001094676

APPL-DATE: March 29, 2001

INT-CL (IPC): H02P006/16, H02P001/52 , H02P021/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a controller for a synchronous motor having a function to judge a magnetic polarity with ease.

SOLUTION: The controller is equipped with a current detection and 3/2 converter 7 which detects the current value of the d axis and q axis in the synchronous motor 10, a current command pulse generator 11 which outputs a positive and a negative current command pulse big enough to cause flux saturation as the d axis current, and a **magnetic** polarity judging device 12 which executes a **magnetic** polarity judgement based on the amplitude in the d axis current obtained from the current detection and 3/2 converter, when the positive and negative current command pulses are applied to an **estimated position**, after the **magnetic pole position** at the time when the synchronous

motor stands still is **estimated**. Especially when a big current amplitude is detected by applying the positive current command pulse, while a small current amplitude is detected by applying the negative current command pulse, the **estimated magnetic pole position** θ ; has no **error**. When a small current amplitude is detected by applying the positive current command pulse, while a big current amplitude is detected by applying the negative current command pulse, the **estimated position of the magnetic pole** is judged to be 2θ ;

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁極位置推定器を備えた同期モータの制御装置において、前記磁極位置推定器にて同期モータの停止時における磁極位置を推定した後、推定された位置で、同期モータに対してq軸電流は零、d軸電流として磁束飽和が起きる大きさの正、負の電流指令パルスを加加することで振動電流を発生せしめ、前記正、負の電流指令パルスによる振動電流の振幅を検出して磁極判定を行うことを特徴とする同期モータの磁極判定方法。

【請求項2】 請求項1記載の磁極判定方法において、前記磁極判定においては、正の電流指令パルスの印加により大きな電流振幅が検出され、負の電流指令パルスの印加では小さな電流振幅が検出された場合には推定された磁極位置 θ に誤差が無く、一方、正の電流指令パルスの印加により電流振幅が小さく、負の電流指令パルスの印加で大きな電流振幅が検出された場合には、磁極の推定位置が 2θ であるという判定を行うことを特徴とする同期モータの磁極判定方法。

【請求項3】 同期モータの制御装置において、同期モータにおけるd軸、q軸の電流値を検出するための検出手段と、d軸電流として磁束飽和が起きる大きさの正、負の電流指令パルスを出力する電流指令パルス作成手段と、前記正、負の電流指令パルスが印加された時に前記検出手段から得られるd軸電流の振幅から磁極判定を行う磁極判定手段とを有することを特徴とする同期モータの制御装置。

【請求項4】 請求項3記載の制御装置において、前記同期モータは磁極位置推定器を備え、前記磁極判定手段は、前記磁極位置推定器にて同期モータの停止時における磁極位置が推定された後、推定された位置に対して、正の電流指令パルスの印加により大きな電流振幅が検出され、負の電流指令パルスの印加では小さな電流振幅が検出された場合には推定された磁極位置 θ に誤差が無く、一方、正の電流指令パルスの印加により電流振幅が小さく、負の電流指令パルスの印加で大きな電流振幅が検出された場合には、磁極の推定位置が 2θ であるという判定を行うことを特徴とする同期モータの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は永久磁石形同期モータの制御装置に関し、特に位置センサを用いることなくモータ停止状態での磁極位置を推定する際に磁極判定機能をも付加した同期モータの制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、PMモータやブラシレスモータ等の永久磁石形同期モータのインクリメンタルエンコーダによる駆動や位置センサレス駆動ではスムーズな起動のためにモータ停止時の正確な磁極の位置推定が必要に

なる。しかしながら、現在提案されている様々な位置推定法を用いて求めたモータ停止時の磁極位置は位置誤差が避けられない問題があり、得られた推定位置に対して最終的には磁極判定による位置誤差の補正が必要になる。

【0003】 種々提案されている、同期モータ停止時の磁極位置推定方式及び位置誤差を補正する方式について、主な例を以下に示す。

【0004】 ①電流のステップ入力応答の速さを比較する方法（例えば、特開平11-262286号）

②正負の電圧パルスを印加し、それぞれの電圧パルスによって流れる電流の最大値を用いてインダクタンスを演算する方法（例えば、特開平11-332279号）

③電圧を印加して得られる電流の最大値を用いる方法（例えば、特開2000-312493号）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記した従来方式の問題点を以下に述べる。

【0006】 ①の方法は電流ステップ入力を印加した位置に大きな差がない場合やインダクタンスの飽和が大きい場合に推定精度に問題がある。また、電流検出のサンプリング周期によって磁極検出の精度が左右される問題も内在している。②の方法では正確な電圧の積分を行うために電圧センサが必要不可欠であり、コスト的な問題がある。③の方法は電流差が大きくなならない領域があり、精度を高めるために電圧を繰り返し印加して推定を行う必要があり、推定時間が長くなる問題がある。

【0007】 従って、上記の従来方式の問題点を克服し、簡単かつ低コストの新しい方式が望まれている。

【0008】 本発明は、上記のような要求に応えるために、簡単に磁極判定を行うことのできる機能を持つ同期モータの制御装置を提供しようとするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、磁極位置推定器を備えた同期モータの制御装置において、前記磁極位置推定器にて同期モータの停止時における磁極位置を推定した後、推定された位置で、同期モータに対してq軸電流は零、d軸電流として磁束飽和が起きる大きさの正、負の電流指令パルスを印加することで振動電流を発生せしめ、前記正、負の電流指令パルスによる振動電流の振幅を検出して磁極判定を行うことを特徴とする同期モータの磁極判定方法が提供される。

【0010】 なお、前記磁極判定においては、正の電流指令パルスの印加により大きな電流振幅が検出され、負の電流指令パルスの印加では小さな電流振幅が検出された場合には推定された磁極位置 θ に誤差が無く、一方、正の電流指令パルスの印加により電流振幅が小さく、負の電流指令パルスの印加で大きな電流振幅が検出された場合には、磁極の推定位置が 2θ であるという判定を行う。

【0011】本発明によればまた、同期モータにおけるd軸、q軸の電流値を検出するための検出手段と、d軸電流として磁束飽和が起きる大きさの正、負の電流指令パルスを出力する電流指令パルス作成手段と、前記正、負の電流指令パルスが印加された時に前記検出手段から得られるd軸電流の振幅から磁極判定を行う磁極判定手段とを有することを特徴とする同期モータの制御装置が提供される。

【0012】上記の制御装置においては、前記同期モータが磁極位置推定器を備える場合、前記磁極判定手段は、前記磁極位置推定器にて同期モータの停止時における磁極位置が推定された後、推定された位置に対して、正の電流指令パルスの印加により大きな電流振幅が検出され、負の電流指令パルスの印加では小さな電流振幅が検出された場合には推定された磁極位置 θ に誤差がなく、一方、正の電流指令パルスの印加により電流振幅が小さく、負の電流指令パルスの印加で大きな電流振幅が検出された場合には、磁極の推定位置が 2θ であるという判定を行う。

【0013】本発明によれば、磁気飽和が原因で起きる振動電流のd軸電流振幅の比較によって簡単に磁極判定を行うことができる。

【0014】

【発明の実施の形態】図1を参照して、本発明の実施の形態による同期モータ10の制御装置について説明する。本制御装置は、d軸電圧指令値を出力するためのd軸電流PI（比例積分）制御器1、速度指令値を受けてq軸の電流指令値を出力するための速度PI制御器2、q軸電流指令値を受けてq軸電圧指令値を出力するためのq軸電流PI制御器3、2相を3相に変換するための2相/3相（以下、2/3と略記する）変換器5、パルス幅制御用のPWMインバータ6、3相のそれぞれの電流を検出してd軸、q軸の電流値を出力するための電流検出及び3相/2相（以下、3/2と略記する）変換器7、同期モータ10の回転速度を検出するための速度センサ8、磁極の位置を推定するための位置推定器9、電流指令パルス作成器11、磁極判定のための磁極判定器12、微分器4から成る。

【0015】電流検出及び3/2変換器7で検出されたd軸電流値、q軸電流値はそれぞれ、d軸電流PI（比例積分）制御器1、q軸電流PI制御器3に与えられる。d軸電流値はまた、磁極判定器12にも与えられる。位置推定器9からの推定結果は微分器4で微分されて速度が算出され、速度PI制御器2に与えられる。

【0016】図1の実線で示したブロックは同期モータ10の制御に必要な既存の制御装置と同じ構成であると考えて良く、本形態ではこれに更に破線のブロックで示す電流指令パルス作成器11、磁極判定器12を備えた点に特徴を有する。言い換えれば、本形態による制御装置は、磁極位置の推定は従来と同様の装置で同じ方法で

行い、この推定結果に対して磁極判定機能を加えた点に特徴を有する。つまり、位置推定器9は従来と同様のものを使用することができ、磁極位置推定に必要な信号の一例をあげれば、電流検出及び3/2変換器7で検出されたd軸電流値、q軸電流値の他、q軸電圧値があげられる。q軸電圧値はq軸電流PI制御器3からのq軸電圧指令値を利用することができる。

【0017】なお、図1において、スイッチSW1は電流指令パルスのオン、オフを切換えるスイッチであり、スイッチSW2は位置推定器9に対する磁極判定器12の判定結果の出力オン、オフを切換えるスイッチである。また、速度センサ8の検出出力と速度PI制御器2との間に破線を付けてあるのは、本形態では、制御を速度センサレスで行うか、速度センサ有りで行うかのいずれでも取り得ることを意味している。言い換えれば、速度センサ8は無くても良い。

【0018】本形態において、同期モータ10の停止時の磁極位置推定方法として採用する方法は、大きく次の二つの方法に分けることができるが、ここでは詳細な説明は省略する。

【0019】A. 従来の技術の③で述べた特開2000-312493号のように固定軸の式を基にした方法。

【0020】B. 平成8年電気学会産業応用部門全国大会No. 170に、『センサレス方式による突極形同期モータのゼロ速トルク制御』と題して開示されているように、磁極に同期するd軸、q軸の式を用いる方法。

【0021】上記のA、B二つの方法で求められた推定位置 θ は 2θ の形として得られることもあるので、推定位置 2θ では π 、つまり180度の誤差が存在する場合がある。この π の位置誤差を補正するために推定位置の磁極判定が必要となることは周知である。

【0022】同期モータ10は構造的に磁束飽和が起きやすい特徴がある。

【0023】図2に電流による磁束飽和の様子を示すが、この電流-磁束曲線からインダクタンスが次式で求められる。

$$【0024】L = d\psi / di \dots \dots \dots (1)$$

式(1)と図2の電流-磁束曲線とから磁束が飽和するとインダクタンスが減少することが分かる。

【0025】以下に説明するように、本形態では同期モータ10の磁束飽和によるインダクタンス変化に着目して磁極判定を行うようにしているが、インダクタンスそのものを計測あるいは算出するわけではない。

【0026】まず、上記のAあるいはBの方法により磁極位置を推定した状態にあると仮定する。この状態において電流指令パルス作成器11からd軸電流指令として正及び負の電流指令パルス i_d^* を印加する。電流指令パルス i_d^* は磁束飽和が起きるくらい充分に大きな値を用いる。

【0027】ここで、磁極の推定位置 θ に誤差がない場

合は、正の電流指令パルス i_d^* によって同じ方向の磁束が発生するので、d軸磁束が飽和してd軸のインダクタンス L_d が小さくなる。一方、推定位置 θ に π の誤差がある場合は、負の電流指令パルス $-i_d^*$ によって、誤差のない時と同様にd軸磁束が飽和してd軸のインダクタンス L_d が小さくなる。

【0028】磁束飽和によるインダクタンス L_d の変化は、図3に示す電流制御系の電流応答に影響を与える。図3において、 K_p は比例ゲイン、 K_I は積分ゲイン、 R は電機子巻線抵抗値である。

【0029】次に、図4の左側にd軸電流 i_d によるd軸のインダクタンス L_d の変化を示すが、実線は実インダクタンスの変化の様子である。磁束の飽和時の電流応答を簡単に求めるために、インダクタンス L_d が図4の破線のように不連続的に変化すると仮定する。磁束飽和が起きる前の時刻 t_1 までは普通の電流制御系として動作するが、時刻 t_2 からはインダクタンス L_d が零になり、d軸電流 i_d は下記の数1で表される。

【0030】

【数1】

$$i_d = \frac{K_I (R \cdot i_d^* - V_I)}{(K_p + R)^2} e^{-\frac{K_I}{K_p + R} t} + \frac{(K_p \cdot i_d^* + V_I)}{(K_p + R)} \delta(t)$$

【0031】ここで、 V_I は時刻 t_1 までのPI制御器のI項である。数1をみると、磁束が飽和すると同式の右辺の第2項によって t_1 時の電流は急激に増加し、同式の右辺の第1項によって磁束が飽和している間の時刻 t_2 まで減少し続けることが分かる。

【0032】しかしながら、実際のインダクタンス L_d は図4の実線のように変化するので数1のような急な変化は起らず、図4の電流のように変化することになる。時刻 t_2 以後は図3の電流制御系のゲインが減少すると共に電流は減少するが、また磁束飽和が起きるまで通常の電流制御を行う。図4の t_2 時の電流ピークが他のピークより大きい原因はPI制御器のI項の影響である。このような過程を繰り返すことで振動電流が発生し、d軸電流の振幅を検出することで磁極判定を行うことができる。

【0033】具体的な動作を説明する。まず、同期モータ10の起動時、位置推定器9によって停止の磁極位置を推定する。次に、q軸電流を零として、スイッチSW1とSW2をオンにし、位置推定器9で推定した位置に電流指令パルス作成器11を用いて正、負の電流指令パルスを同期モータ10に印加する。磁極判定器12を用いて検出された正、負パルスによるそれぞれの電流振幅

を検出して磁極を判定し、判定結果を位置推定器9に与え、スイッチSW1とSW2をオフにして通常の駆動を開始する。

【0034】磁極判定器12における磁極判定に際しては、理論的には、磁極の推定位置 θ に誤差が無ければ、正の電流指令パルスの印加により大きな電流振幅が検出され、負の電流指令パルスの印加では電流振幅は0となる。一方、磁極の推定位置が 2θ である場合には、正の電流指令パルスの印加により電流振幅は0となり、負の電流指令パルスの印加では大きな電流振幅が検出される。しかし、実際には電流振幅が0になることは無く、ある程度の値の電流振幅が検出される場合もあるので、電流振幅の基準値が定められる。そして、正、負の電流指令パルスの区別と共に、どのような電流振幅が検出されたかにより、推定位置が θ 、 2θ のいずれであるかの磁極判定を行うようにされる。

【0035】以上のようにして、電流指令パルスの印加による磁束飽和時の振動電流を用いた磁極判定を行うことで同期モータ10のインクリメンタルエンコーダによる駆動や位置センサレス駆動のスムーズな起動を簡単に実現できる。

【0036】本発明は、同期モータを駆動源として使う制御装置全般で応用可能である。

【0037】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明によれば磁極判定を簡単に行うことのできる同期モータの制御装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態による同期モータの制御装置の構成を示したブロック図である。

【図2】同期モータの電流-磁束特性曲線に一例を示した図である。

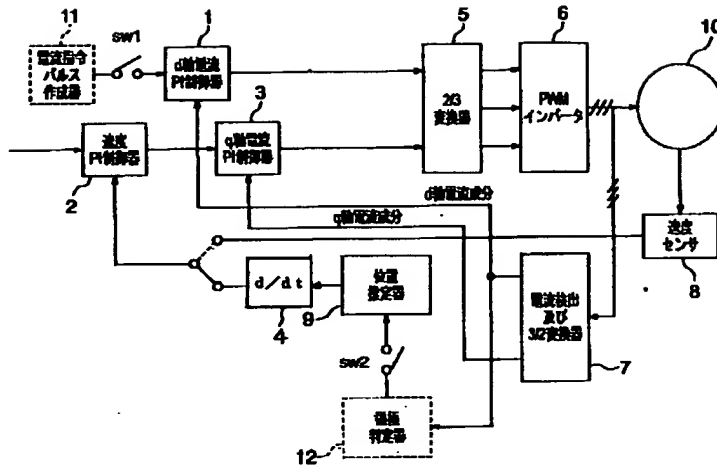
【図3】図1に構成における電流制御系の機能ブロック図である。

【図4】本発明における電流指令パルス印加によるd軸電流-d軸インダクタンス特性及びd軸電流の時間変化を示した図である。

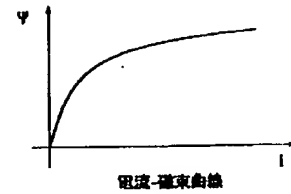
【符号の説明】

- | | |
|----|--------------|
| 1 | d軸電流PI制御器 |
| 2 | 速度PI制御器 |
| 3 | q軸電流PI制御器 |
| 4 | 微分器 |
| 5 | 2/3変換器 |
| 6 | PWMインバータ |
| 7 | 電流検出及び3/2変換器 |
| 8 | 速度センサ |
| 9 | 位置推定器 |
| 10 | 同期モータ |
| 11 | 電流指令パルス作成器 |
| 12 | 磁極判定器 |

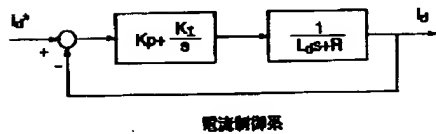
【図1】



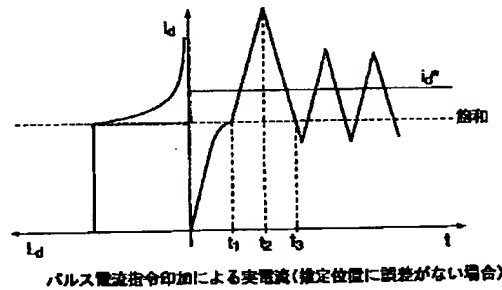
【図2】



【例3】



【図4】



フロントページの続き

F ターム(参考)

5H001	AA00	AB01	AC02	AD05	
5H560	BB04	BB12	DA14	DB00	DC12
	EB01	HA09	RR10	SS01	UA10
	XA02	XA04	XA12	XA13	
5H576	BB09	DD02	DD07	EE01	EE11
	FF01	GG02	GG04	HB01	JJ04
	JJ23	JJ24	LL01	LL22	LL41